

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VĚTRÁNÍ BYTOVÉHO DOMU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracovala:

Lucie Rehanzlová

Vedoucí práce:

Ing. Pavla Dvořáková, Ph.D.

2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Rehanzlová	Jméno: Lucie	Osobní číslo: 484677
Zadávající katedra: Katedra technických zařízení budov		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor/specializace: Konstrukce pozemních staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Větrání bytového domu	
Název bakalářské práce anglicky: Ventilation of a residential building	
Pokyny pro vypracování: Formou studie navrhnete možné varianty systému větrání bytového domu. Vyberte vhodné řešení. Toto řešení rozpracujte ve formě projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení. Projekt dokumentujte půdorysy, řezy, výpočty a technickou zprávou.	
Seznam doporučené literatury: Papež a kol.: Energetické a ekologické systémy budov 2, ČVUT 2007 Chyský J., Hemzal K. a kol.: Větrání a klimatizace, Brno: BOLIT-B press, 1993 Dufka J.: Větrání a klimatizace domů a bytů, Praha: Grada, 2002 Zmrhal V.: Větrání rodinných a bytových domů, Praha: Grada, 2014 Gebauer G., Rubínová O., Horká H.: Vzduchotechnika, Brno: ERA, 2005	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Pavla Dvořáková, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 23.2.2022	Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.5.2022 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
<i>23.2.22</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Českých Budějovicích dne 15.5.2022

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Pavle Dvořákové, Ph.D. za odborné vedení, pomoc a rady při zpracování této práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou větrání bytových domů. V teoretické části jsou vypsány legislativní požadavky na návrh větrání bytových domů. Dále jsou popsány nároky na vnitřní prostředí místností a všechny možné přirozené i nucené systémy větrání.

Předmětem studie je návrh koncepčních řešení systémů větrání obytného objektu. Jsou zde popsány a schematicky zobrazeny tři varianty systémů nuceného rovnotlakého větrání pro požadavky konkrétního bytového domu.

V praktické části je podrobněji zpracován jeden z koncepčních návrhů ve formě projektu pro vydání stavebního povolení.

Klíčová slova: nucené větrání, rovnotlaké centrální větrání, rovnotlaké decentrální větrání, bytový dům, rekuperace

Abstract

This bachelor thesis deals with the matter of ventilation in residential buildings. The theoretical part lists the legislative requirements for the design of ventilation of residential buildings. Furthermore, the requirements for the indoor environment of the rooms and all possible natural and forced ventilation systems are described.

The subject of the study is the design of conceptual solutions for residential ventilation systems. Three variants of forced equal pressure ventilation systems for the requirements of a specific apartment building are described and schematically shown here.

The practical part shows one of the conceptual designs in the form of a house plan which can be used for the issuance of a building permit.

Key words: forced ventilation, balanced central ventilation, balanced decentral ventilation, residential building, recuperation

Obsah

1	Úvod	8
2	Legislativní požadavky na větrání obytných budov.....	9
2.1	Požadavky na větrání dle Vyhlášky č. 268/2009 Sb.	9
2.2	Požadavky na větrání dle národní přílohy ČSN EN 15665/Z1	9
2.2.1	Přívod vzduchu	10
2.2.2	Odvod vzduchu.....	10
2.3	Požadavky na větrání dle normy ČSN EN 16798-1.....	10
2.3.1	Přívod vzduchu	11
2.3.2	Odvod vzduchu.....	12
3	Způsoby stanovení množství větracího vzduchu ^[10]	13
3.1	Podle počtu osob	13
3.2	Podle půdorysné plochy.....	13
3.3	Podle doporučené intenzity výměny vzduchu	13
3.4	Podle produkce škodlivin	14
4	Větrání a vnitřní prostředí místností.....	15
4.1	Koupelna	15
4.2	Kuchyň.....	15
4.3	Obytné místnosti.....	16
4.4	Garáže	16
5	Systémy větrání obytných budov.....	18
5.1	Systémy s přirozeným oběhem vzduchu.....	18
5.1.1	Infiltrace	18
5.1.2	Šachtové větrání.....	19
5.1.3	Aerace	20
5.2	Systémy s nuceným oběhem vzduchu	20
5.2.1	Hybridní větrání.....	21
5.2.2	Podtlakové centrální větrání.....	22

5.2.3	Podtlakové lokální větrání.....	23
5.2.4	Rovnotlaké centrální větrání.....	24
5.2.5	Rovnotlaké lokální větrání.....	25
6	Specifikace bytového objektu	27
6.1	Údaje o budově	27
6.2	Technické řešení stavby	27
6.3	Dispoziční řešení	27
6.4	Výkresová dokumentace.....	28
6.5	Požadavky na větrání objektu	29
7	Varianty systému větrání konkrétního bytového domu	30
7.1	Rovnotlaké centrální větrání – jednotka pro celý objekt.....	30
7.1.1	Popis.....	30
7.1.2	Výhody a nevýhody.....	30
7.1.3	Schéma	31
7.2	Rovnotlaké centrální větrání – jednotka na patře	32
7.2.1	Popis.....	32
7.2.2	Výhody a nevýhody	32
7.2.3	Schéma	33
7.3	Rovnotlaké decentrální větrání – jednotka pro každý byt.....	34
7.3.1	Popis.....	34
7.3.2	Výhody a nevýhody	34
7.3.3	Schéma	35
8	Porovnání navržených systémů	36
8.1	Vyhodnocení	37
9	Závěr.....	38
10	Seznam literatury a podkladů	39
11	Seznam obrázků a tabulek	41

1 Úvod

Vzhledem k tomu, že člověk tráví podstatnou část svého života ve vnitřním prostředí budov, ať už zde spí, odpočívá, pracuje nebo se vzdělává, je potřeba zajistit jeho dostatečnou kvalitu. Prostor negativně ovlivňuje člověk svou činností, zařízení bytu technickým vybavením, ale i výskyt bakterií, roztočů, plísní a chemických prostředků ve vzduchu. Znečištěné ovzduší lze jednoznačně zlepšit větráním prostoru a lze tak vytvořit ideální podmínky pro pobyt člověka. Nedostatek větrání vede k únavě, stresu a ke ztrátě obranyschopnosti lidského organismu, což se projevuje kašlem, rýmou a bolestí hlavy.

V současné době je kladen velký důraz na energetickou náročnost budov a spotřebu neobnovitelných energií. Rostoucí ceny energií též nutí šetřit při vytápění či ohřevu vody, čemuž může pomoci navržení správného systému větrání. Proto jsem se v bakalářské práci rozhodla zabývat návrhem vhodných systémů bytového větrání s rekuperací tepla, které splňují současné přísnější energetické požadavky.

Cílem této bakalářské práce je studie všech možných řešení větrání bytového domu. Dále stanovení požadavků pro konkrétní bytový dům a vytvoření koncepčních návrhů nuceného rovnotlakého větrání s využitím rekuperace tepla. Pro nejvhodnější návrh bude v praktické části zpracována projektová dokumentace pro vydání stavebního povolení.

2 Legislativní požadavky na větrání obytných budov

Legislativa většinou stanovuje požadavky na větrání pomocí intenzity větrání nebo průtokem venkovního vzduchu vztaženého na jednu osobu, plochu 1 m^2 nebo zařizovací předmět (umyvadlo, sprchu, záchod). Tyto požadavky jsou v některých případech závazné, pokud se jedná o zákonné předpisy, nebo mohou být pouze doporučené, ty nám stanovují normy a směrnice. [3]

Pro trvalé větrání obytných budov průtoky vzduchu navrhujeme s ohledem na hygienické požadavky a pro nárazové větrání vzhledem k množství znečišťujících látek (především vodní páry). Technologické prostory jako je kotelna apod. větráme na základě technologických nebo bezpečnostních požadavků. [3]

2.1 Požadavky na větrání dle Vyhlášky č. 268/2009 Sb.

Vyhláška č. 268/2009 Sb. je u nás v ČR závazná. Věnuje se vnitřnímu prostředí v obytných budovách, v § 11 odstavci (3) uvádí: „*Obytné místnosti musí mít zajištěno dostatečné větrání venkovním vzduchem a vytápění v souladu s normovými hodnotami, s možností regulace vnitřní teploty.*“ [8]

Dále se v odstavci (5) a (6) zabývá větráním:

„Pobytové místnosti musí mít zajištěno dostatečné přirozené nebo nucené větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace vnitřní teploty. Pro větrání pobytových místností musí být zajištěno v době pobytu osob minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu $25 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu, minimální intenzita větrání $0,5 \text{ h}^{-1}$. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO_2 , jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1500 ppm .“ [8, odstavec (5)]

„V místnostech, kde jsou instalovány spotřebiče paliv, musí být vždy zajištěn přívod venkovního vzduchu rovný minimálně průtoku spalovacího vzduchu pro jmenovitý výkon a typ spotřebiče.“ [8, odstavec (6)]

Požadavky jsou zde popisovány velmi obecně, konkrétnější hodnoty pak nalezneme v normách.

2.2 Požadavky na větrání dle národní přílohy ČSN EN 15665/Z1

Při návrhu množství přiváděného vzduchu do jednotlivých místností bytového domu jsem vycházela z normy ČSN EN 15665/Z1.

2.2.1 Přívod vzduchu

Požadované množství přiváděného venkovního vzduchu vyjadřujeme pomocí intenzity větrání, která je definována jako poměr objemového průtoku přiváděného čerstvého, venkovního vzduchu k objemu vnitřního větraného prostoru. [7]

Norma ČSN EN 15665/Z1 udává minimální hodnotu intenzity větrání $0,3 \text{ h}^{-1}$ v obytných prostorech (obývací pokoje a ložnice), avšak pro zajištění vyšší kvality vnitřního prostředí norma doporučuje navrhovat intenzitu větrání vyšší a to $0,5 \text{ h}^{-1}$ až $0,7 \text{ h}^{-1}$. V případě dlouhodobého neužívání budovy lze prostor větrat s intenzitou pouze $0,1 \text{ h}^{-1}$. [7]

Další požadavek pro dimenzování přívodního vzduchu je minimální dávka čerstvého venkovního vzduchu vztažená na jednu osobu $15 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{os})$. Podle tohoto kritéria navrhujeme s ohledem na splnění minimální intenzity větrání. [7]

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h^{-1}]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [$\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{os})$]	Kuchyně [m^3/h]	Koupelny [m^3/h]	WC [m^3/h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Tabulka 2.2.1: Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 [7]

2.2.2 Odvod vzduchu

Odvod znečištěného vzduchu v bytových domech se zpravidla zajišťuje z hygienických zázemí (tj. koupelny a WC) a z kuchyně. Množství vzduchu odváděného je při trvalém větrání roven množství vzduchu přiváděného, který splňuje požadavek na intenzitu větrání. Pro nárazové větrání norma definuje hodnoty průtoku odsávaného vzduchu z hygienických zázemí a koupelen, které jsou uvedeny v tabulce 1. [7]

2.3 Požadavky na větrání dle normy ČSN EN 16798-1

Tato norma řeší problematiku energetické náročnosti budov, kterou ovlivňují návrhové parametry vnitřního prostředí. Dále pak stanovuje doporučené návrhové průtoky větracího vzduchu v obytných budovách, které se použijí při návrhu všech typů větracích systémů – nuceného, přirozeného i hybridního. [9]

„Návrhové požadavky na průtok větracího vzduchu musí zohlednit vývin znečišťujících látek, které zůstaly po opatření řízení znečišťujících látek, výběrem materiálu, místním odsáváním a jinými prostředky.“ [9]

„Definované průtoky větracího vzduchu mohou být stanoveny na národní úrovni na základě vícero postupů:

- Celková intenzita větrání obytných místností
- Odvod vzduchu pro specifické místnosti
- Přívod větracího vzduchu pro specifické místnosti
- Návrh velikosti větracích otvorů pro přirozené větrání“ [9]

2.3.1 Přívod vzduchu

Kategorie	Celkový průtok větracího vzduchu vč. infiltrace		Přívod větracího vzduchu na osobu	Přívod větracího vzduchu na základě IAQ pro adaptované osoby	
	(1)	(1)		(2)	(3)
	l/s·m ²	h ⁻¹	l/s na osobu ^a	q _p l/s na osobu	q _B l/s·m ²
I	0,49	0,7	10	3,5	0,25
II	0,42	0,6	7	2,5	0,15
III	0,35	0,5	4	1,5	0,10
IV	0,23	0,4			

Tabulka 2.3.1: Kritéria na základě předdefinovaných průtoků přiváděného větracího vzduchu [9]

„Hodnoty v tabulce 2.3.2 předpokládají, že přiváděným vzduchem je venkovní vzduch nebo nevyužitý vzduch přiváděný z jiných místností. Tyto hodnoty mohou být převedeny na l/(s·m²) podlahové plochy na národní úrovni v závislosti na průměrném počtu osob v obytném prostředí.“ [9]

Kategorie	Návrhová koncentrace ΔCO ₂ pro obytné místnosti (ppm nad koncentrací ve venkovním vzduchu)	Návrhová koncentrace ΔCO ₂ pro ložnice (ppm nad koncentrací ve venkovním vzduchu)
I	550	380
II	800	550
III	1 350	950
IV	1 350	950

POZNÁMKA 1 Výše uvedené hodnoty v tabulce B.12 odpovídají rovnovážnému stavu, kdy je průtok větracího vzduchu 4, 7, 10 l/s na osobu pro kategorie I, II, III a produkce CO₂ je 20 l/h na osobu a 13,6 l/h na osobu v obývacích pokojích a ložnicích.

POZNÁMKA 2 Pro místnost o ploše 10 m² (výška místnosti 2,5 m, objem 25 m³) se dvěma osobami odpovídá 4; 7 a 10 l/s na osobu intenzitě větrání 1,2; 2,0 a 2,9 h⁻¹.

Tabulka 2.3.2: Návrhové koncentrace CO₂ v obytných místnostech a ložnicích [9]

2.3.2 Odvod vzduchu

Počet hlavních místností v domě / bytě	Návrhový průtok odváděného vzduchu v l/s				
	Kuchyně	Koupelna nebo sprcha s nebo bez WC	Další místnosti se zdrojem vodní páry	WC	
				Jeden na obytné prostředí	Více (2 a více na obytné prostředí)
1	20	10	10	10	10
2	25	10	10	10	10
3	30	15	10	10	10
4	35	15	10	15	10
5 a více	40	15	10	15	10

Tabulka 2.3.3: Návrhové průtoky vzduchu podle typu místností a budovy [9]

Kategorie	Násobek průtoků vzduchu definovaných v tabulce B.13
I	1,4
II	1
III	0,7
IV	0,5
POZNÁMKA V tabulkách se používají pouze čísla kategorií bez značky IEQx.	

Tabulka 2.3.4: Kategorie pro předefinované průtoky odváděného vzduchu [9]

3 Způsoby stanovení množství větracího vzduchu ^[10]

Pro stanovení množství přivedeného čerstvého vzduchu existuje hned několik způsobů, které budou popsány v následujících podkapitolách.

3.1 Podle počtu osob

Vzorec:
$$V = p \times V_p \quad (1)$$

Kde:

V – množství přivedeného vzduchu [m³/h]

P – počet osob [-]

V_p – množství přiváděného vzduchu na osobu [m³/(h*os)]

Dle nařízení vlády č. 178/2001 Sb. A č. 523/2002 Sb. Je stanoveno minimální množství větracího vzduchu:

- 50 m³/(h*os) pro práci převážně v sedě
- 70 m³/(h*os) pro práci převážně vestoje a v chůzi
- 90 m³/(h*os) při těžké fyzické práci

3.2 Podle půdorysné plochy

Vzorec:
$$V = S \times V_s \quad (2)$$

Kde: V – množství přivedeného vzduchu [m³/h]

S – půdorysná plocha [m²]

V_s – množství přiváděného vzduchu na m² podlahové plochy [m³/(h*m²)]

3.3 Podle doporučené intenzity výměny vzduchu

Vzorec:
$$V = n \times O \quad (3)$$

Kde:

V – množství přivedeného vzduchu [m³/h]

n – doporučená intenzita výměny viz tabulka 3-1 [h⁻¹]

O – objem místnosti [m³]

Druh místnosti	Intenzita výměny vzduchu [h ⁻¹]	Množství vzduchu [m ³ .h ⁻¹]
Obytná místnost	0,5	3 na 1 m ² podlahy
Kuchyně - plynový sporák*	> 3	150
Kuchyně - elektrický sporák*	3	100 - 120
Koupelna	3 - 5	60
WC individuální	3	25
Umývárna individuální	0,5	-
Šatna	1	-
Spižárna	1	-

Tabulka 3.3.1: Doporučené hodnoty intenzity výměny a množství vzduchu [10]

3.4 Podle produkce škodlivin

Koncentrace škodlivin v interiéru nesmí překročit maximální přípustné hodnoty.

Vzorec:
$$V = \frac{m}{\rho_{\max} - \rho} \quad (4)$$

Kde:

V – potřebné množství větracího vzduchu pro udržení nejvýše přípustné koncentrace [m³/h]

m – množství vznikající škodliviny [g/h]

ρ_{\max} – koncentrace škodlivin v interiéru/odváděném vzduchu – většinou maximum dle hygienických předpisů [g/m³]

ρ – koncentrace škodlivin v přiváděném vzduchu do místnosti [g/m³]

4 Větrání a vnitřní prostředí místností

Pro hodnocení kvality vnitřního prostředí nám slouží základní určující parametry, kterými jsou například relativní vlhkost vzduchu, teplota, intenzita osvětlení a rychlost proudění vnitřního vzduchu. Dalším důležitým faktorem pro určení kvality vnitřního prostředí je koncentrace CO₂ v prostoru. Pokud tyto ukazatele nesplňují určité hodnoty, dochází tak ke snížení komfortu v posuzovaném prostoru. [5]

Kvalitu vnitřního prostředí můžeme zásadně ovlivnit větráním. Prostor větráme především proto, abychom odvedli nadbytečný CO₂, který je produkován osobami, a zároveň abychom odvedli nadměrnou vlhkost, která je příčinou vzniku plísní, a to především v zimním období. [5]

Nejzásadnějším faktorem ovlivňující správnou funkci větrání je dostatečná velikost průřezu a umístění větracích otvorů. Umístění přívodních a odvodních otvorů by mělo být na protilehlých stěnách místnosti, ideálně by pak měl být přívodní otvor ve spodní části stěny a odvodní otvor úhlopříčně v horní části stěny. Pokud je místnost provětrávána jedním větracím zařízením, je potřeba průtok vzduchu správně usměrňovat. Čerstvý vzduch je přiváděn do obytných místností a do ložnice a z nich následně do kuchyní a sociálních zařízení. [2]

4.1 Koupelna

Největším problémem, který musíme při větrání koupelen řešit, jsou škodliviny, které lidé produkují pouhým pobytem v koupelně, a zároveň vodní páry vznikající při sprchování, koupání a sušení prádla. Při koupání se ve vaně je produkována vlhkost 700 g/h a při sprchování se až 2600 g/h. Při této produkci vlhkosti je nutné odvést velké množství vzduchu. Množství můžeme pozitivně ovlivnit použitím sprchového koutu a způsobem dodávání větracího vzduchu. Ideální je umístit odvod vzduchu nad zdroj vlhkosti, tedy nad sprchový kout a ten pak navrhnut tak, abychom do horní části sprchového koutu přiváděli vzduch, díky čemu se vlhkost nebude moct šířit do okolního prostoru. [6]

4.2 Kuchyň

Z kuchyně musíme primárně odvádět škodliviny, které vzniknou během vaření, jako je nadměrná produkce tepla, vodních par a pachů, protože nám zhoršují podmínky pro práci a odpočinek. Pokud dojde ke kondenzaci vodních par zvyšuje se tak riziko koroze materiálů, množení mikroorganismů a v málo větraných prostorách riziko vzniku plísní. [2] [6]

Při použití elektrického sporáku je vařením produkována vlhkost 600-1500 g/h a oděry, avšak při použití sporáku plynového je navíc při dokonalém spalování produkován i oxid uhličitý.

Pro odvod vlhkosti, která vznikne nad elektrickým sporákem, je zapotřebí 80-200 m³/h vzduchu. [6]

V rodinných domcích a bytových domech se kuchyně zpravidla odvětrávají pomocí kuchyňské digestoře, která je obvykle umístěna nad sporákem. Toto zařízení se do provozu uvádí individuálně dle potřeby.

4.3 Obytné místnosti

Jako obytná místnost je definován prostor, který je dlouhodobě obýván osobami. Patří sem obývací pokoje, ložnice, dětské pokoje a v některých případech i velké obytné kuchyně. V těchto místnostech nesmí docházet ke vzniku a hromadění škodlivin, právě z důvodu pobytu osob a jejich komfortu. Při pobytu v těchto místnostech uvažujeme osoby převážně sedící, které nevykonávají žádnou těžkou fyzickou aktivitu, není tak nutná častější výměna vzduchu. Konkrétní hodnoty intenzity výměny vzduchu pro obytné místnosti jsou uvedeny v tabulce 2.2.1 v kapitole Požadavky na větrání dle národní přílohy ČSN EN 15665/Z1. V současné době již není běžná dostatečná přirozená výměna vzduchu netěsností oken nebo občasné větrání okny, proto je zapotřebí do prostoru navrhovat vzduchotechnické potrubí s nucenou výměnou vzduchu ventilátorem. V případě, že se v místnosti pohybuje alergik či člověk s vyššími požadavky na kvalitu vzduchu, samotné větrání většinou nestačí, na místo toho je nutné navrhnout klimatizaci, díky které můžeme vzduch patřičně upravit. [2]

4.4 Garáže

V závislosti na hloubce a dispozici garáží bytových domů volíme systém jejich větrání. *„U relativně málo hlubokých garáží cca 6 m s jednou řadou stání automobilů, je většinou použito přirozené větrání pomocí mřížek umístěných u stropu a u podlahy vjezdového prostoru. V případě rozsáhlejších bytových komplexů s jedním vjezdem a výjezdem s centrální pojízdnou komunikací o hloubce 6 až 15 m je většinou větrání řešeno jako kombinované s přirozeným podtlakovým příívodem vzduchu a nuceným odvodem.“* [11]

Norma ČSN 73 6058 udává požadavky na přirozené větrání hromadných garáží takto:

- *„Přirozené větrání lze řešit jako příčné provětrání otvory v protilehlých obvodových stěnách nebo větracími otvory.“*
- *„Příčné přirozené větrání je možné navrhovat pro parkovací prostory, kde vzdálenost protilehlých stěn je menší nebo rovna 60 m.“*

- „V každé z protilehlých stěn jsou rovnoměrně umístěny otvory o volném průřezu, který činí minimálně 1/3 celkové vnitřní plochy vertikálních obvodových stěn parkovacího prostoru. Spodní hrana otvorů je nejvýše 0,5 m nad podlahou, horní hrana otvorů nejnižší 0,3 m pod stropem. Otvory u podlahy musí být na venkovní straně alespoň 0,3 m nad terénem.“
- „Pro přirozené větrání neuzavíratelnými otvory v obvodových stěnách a ve stropě se navrhuje celková volná plocha větracích otvorů pro jedno stání:
 - V garážích s frekvencí výměny vozidel na stání $f \leq 0,4 \text{ h}^{-1}$: $0,15 \text{ m}^2/\text{stání}$
 - V garážích s frekvencí výměny vozidel na stání $f > 0,4 \text{ h}^{-1}$: $0,3 \text{ m}^2/\text{stání}$ “ [12]
- Pro obytné budovy uvažujeme frekvenci výměny vozidel menší než $0,4 \text{ h}^{-1}$

5 Systémy větrání obytných budov

O kvalitě větrání rozhoduje především přívod venkovního vzduchu. Vzhledem k tomu, že se dnes klade větší důraz na těsnost konstrukce, tzn. do nových či rekonstruovaných budov se instalují těsná okna, nemůžeme pro přívod vzduchu do budovy uvažovat prostup vzduchu okenními spárami. Vzhledem k této skutečnosti definuje národní příloha vhodné soustavy větrání obytných budov a také doporučuje jakým způsobem do budovy přivádět vzduch. [3, str. 29]

Podle pohybu vzduchu rozdělujeme soustavy větrání budov na systémy s přirozeným nebo nuceným oběhem vzduchu.

5.1 Systémy s přirozeným oběhem vzduchu

V této soustavě dochází k pohybu vzduchu bez pomoci ventilátorů, a to díky rozdílným teplotám a tlakům vzduchu ve větrané místnosti a místnosti sousedící nebo ve venkovním prostředí, protože teplejší vzduch je lehčí a stoupá směrem vzhůru na rozdíl od studeného, který je těžší a padá dolů. Na pohyb vzduchu v objektu má vliv také proudící vítr, který způsobuje rozdílnost tlaků vzduchu venku a v místnosti. Čím více na budovu fouká vítr, tím více dochází k proudění vzduchu mezi místnostmi. [2, str. 21]

Výhody [2] [4]

- Není potřeba dodávat energii pro výměnu vzduchu
- Dle tepelné zátěže uvnitř budovy samočinně dochází k regulaci výměny vzduchu

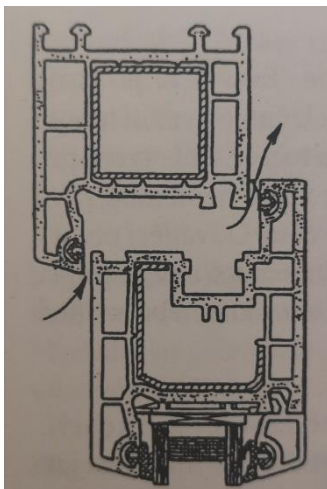
Nevýhody [2] [4]

- Vzhledem k tomu, že ne vždy fouká vítr tak intenzivně, jak by bylo potřeba, nevzniká takový rozdíl tlaků, a proto systém nefunguje
- Přiváděný vzduch nemůžeme nijak upravit ani vyčistit od škodlivin

5.1.1 Infiltrace

Infiltrací si můžeme představit průnik studeného vzduchu z venkovního prostředí do budovy skrze netěsnosti v rámech oken a dveří nebo v obalových konstrukcích, viz obrázek 5.1.1. V dnešní době se již netěsnosti dle normy ČSN 73 0540-2 nepřipouštějí, a proto se navrhuje ventilační štěrby, které se dají regulovat a zároveň jsou schopné tlumit hluk, který může do budovy pronikat z venkovního prostředí. Množství přívodního vzduchu souvisí s orientací místnosti vzhledem k působení a intenzitě větru, s provedením omítek na zdivu, s výškou budovy a dále pak s velikostí, těsností a množstvím oken a dveří. Největší průnik vzduchu nastává

v mrazivých dnech, ale zároveň způsobuje velké tepelné ztráty. Vzhledem k nemožnosti regulace větru může být tento způsob větrání nedostatečný a může způsobovat hygienické závady. [1] [2]

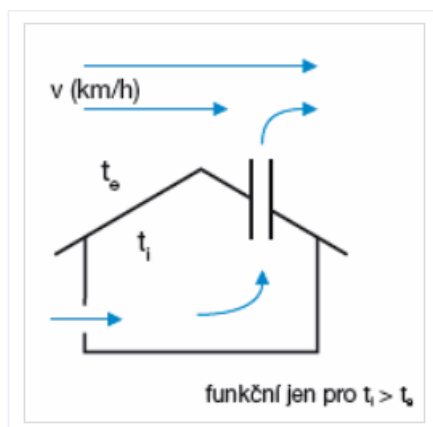


Obr. 5.1.1: Infiltrace spárami oken [2, str. 23]

K provětrávání dochází občasným otevíráním oken či dveří. Pokud chceme dosáhnout energetické úspornosti v zimním období, je ideální větrat často a po krátkou dobu a velkými průřezy. Zda-li větráme klasickým svislým oknem nebo oknem střešním nemá vliv na účinnost provětrávání. [1] [2]

5.1.2 Šachtové větrání

Při šachtovém větrání je vzduch přiváděn do místností pomocí otvorů ve zdi díky rozdílným teplotám vně a uvnitř budovy. Otvor je většinou umístěn za otopným tělesem, čímž docílíme ohřátí chladného přívodního vzduchu v zimním období. Nevhodné je umístit přívodní otvor do prostoru schodiště nebo chodby, kde může dojít ke znemožnění větrání kvůli vzniklému podtlaku. Vzduch z větraných místností je dále veden do sběrné svislé šachty, která může být provedena jako komín, potrubí nebo průduch, viz obrázek 5.1.2. V obytných budovách je vyzděna. Šachta odvádí vzduch většinou nad střechu budovy volně do vnější atmosféry. Tento způsob větrání však není možné použít v letním období, kdy je venkovní vzduch teplejší než vnitřní, protože studený vzduch klesá dolů a není tak odváděn vzduch zkažený. S využitím této metody se ještě můžeme sekat, především kvůli její jednoduchosti a lacinosti, protože nespotřebává žádnou elektrickou energii. [2] [4]

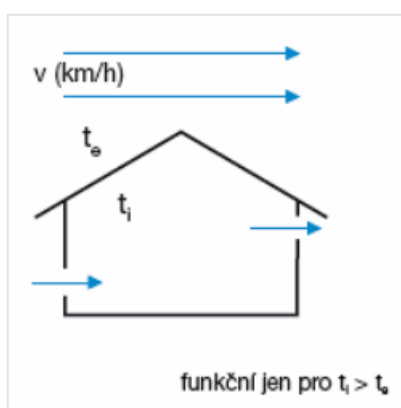


Obr. 5.1.2: Schéma šachtového větrání [4]

5.1.3 Aerace

Jedná se o přirozený způsob větrání regulovatelnými otvory pro přívod a odvod vzduchu, které jsou umístěny ve stěnách a ve střeše v různých výškách, což je patrné z obrázku 5.1.3. Pro to, aby byl tento způsob větrání efektivní, je zapotřebí zvolit správnou velikost a umístění otvorů. [1, 2] „Přiváděcí otvory vzduchu jsou v létě neúčinnější ve výšce asi 1,5-2 m nad zemí. V zimních měsících je to ještě výše. Odváděcí otvory vzduchu se umísťují do střechy.“ [2]

Používá se především v budovách, kde je produkováno velké množství tepla jako jsou například hutní, sklářské a strojírenské závody. [1] Pro využití v obytných prostorech je aerace nevhodná. Aeraci bychom mohli použít pouze v domkách, kde se uvnitř objektu vyskytuje místnost bez oken, případně v dílně, kde je prací produkováno větší množství tepla. [2]



Obr. 5.1.3: Schéma aerace [4]

5.2 Systémy s nuceným oběhem vzduchu

U této soustavy je proudění vzduchu zajištěno uměle ventilátory. Při větrání vícepodlažní budovy rozlišujeme dva typy provedení, a to buď centrální, kdy je na společném potrubí soustavy umístěn pouze jeden ventilátor, který odvádí znečištěný vzduch ze všech podlaží propojených

společným potrubím, nebo řešení individuální, ve kterém má jednotlivý úsek svůj vlastní ventilátor, který odvádí znečištěný vzduch z jednotlivého patra, popřípadě ze samotného bytu. [2, str. 24]

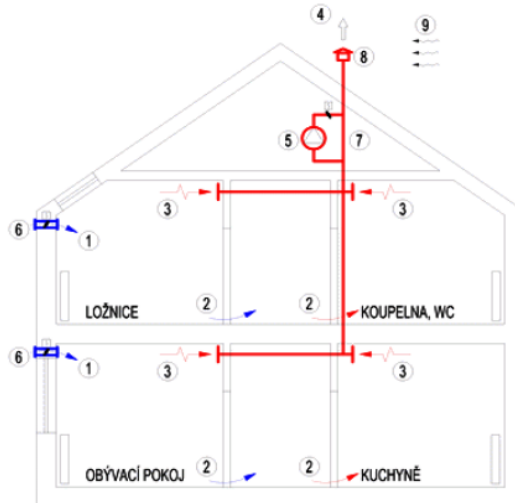
Dále systémy větrání dělíme z hlediska množství přiváděného a odváděného vzduchu na větrání [2]:

- Podtlakové
 - Znamená, že do objektu je přiváděno méně vzduchu, než odváděno. Typicky se používá odsávací zařízení v místnostech, kde vzniká velké množství škodlivin. Pro zabránění úniku škodlivin do sousedních prostorů se využívá právě zmíněné podtlakové větrání.
- Rovnotlaké
 - Množství vzduchu přiváděného je rovno množství vzduchu odváděného. Vzduch v místnosti cirkuluje a tím je dosaženo požadované proudění vzduchu. Rovnotlaké větrání je nejrozšířenějším typem větrání.
- Přetlakové
 - Množství vzduchu přiváděného je větší než množství vzduchu odváděného. Používá se především v místnostech, kde se má zabránit pronikání venkovního neupraveného vzduchu, jako jsou operační sály, výpočetní střediska apod.

5.2.1 Hybridní větrání

Hybridní větrání využívá prvky jak přirozeného, tak nuceného větrání. Kombinuje účinky vztlkových sil přirozeného větrání s mechanickou silou, která vzniká při větrání nuceném. Systém hybridního větrání tyto režimy efektivně střídá a udržuje tak kvalitu vzduchu s ohledem na nízkou spotřebu elektrické energie. Soustava disponuje řídicím systémem, který na základě měření koncentrace CO₂ v letním a zimním období využije definované dávky větracího vzduchu a jen v nezbytných případech použije větrání nucené. [3]

Příkladem hybridního větrání jsou pro přívod a zajištění konstantního průtoku vzduchu použity samoregulační vyústky, které se umísťují nad okna, případně nad dveře obytných místností, a dají se dálkově ovládat. Dále systém sestává ze střešního nástavce se samoodtahovou hlavicí, centrální řídicí jednotkou a senzory CO₂, viz obrázek 5.2.1. [3]



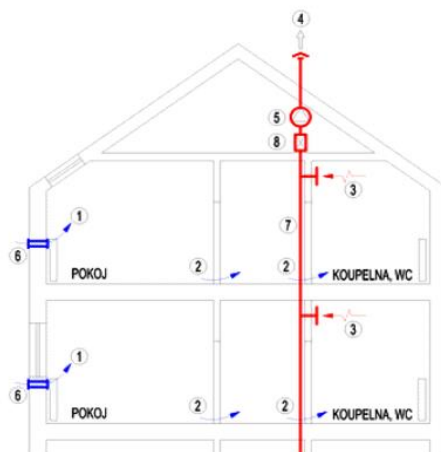
Obr. 5.2.1: Hybridní větrání pomocí samoodtahové hlavice [3]¹

5.2.2 Podtlakové centrální větrání

Tento systém kombinuje přívod vzduchu přirozeným způsobem s nuceným odvodem znečištěného vzduchu do stoupacího potrubí, na kterém je zpravidla v nejvyšším patře napojen centrální ventilátor, viz obrázek 5.2.2. Při návrhu je potřeba zabránit šíření hluku směrem do stoupacího potrubí navržením potřebných protihlukových opatření kvůli hlučnosti ventilátoru.

Nevýhodou je, že přiváděný vzduch má venkovní teplotu, není filtrován a také dochází k vysoké ztrátě tepla. Naopak výhodou je nízká pořizovací cena, vysoká účinnost centrálních ventilátorů a nízká spotřeba elektrické energie (v porovnání s lokálními) a také fakt, že je bráněno nežádoucímu přenosu pachů mezi byty. [2] [3]

¹ 1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 odpadní vzduch, 5 odvodní ventilátor, 6 samoregulační vyústka se servopohonem, 7 potrubní síť, 8 samoodtahová hlavice, 9 účinek větru



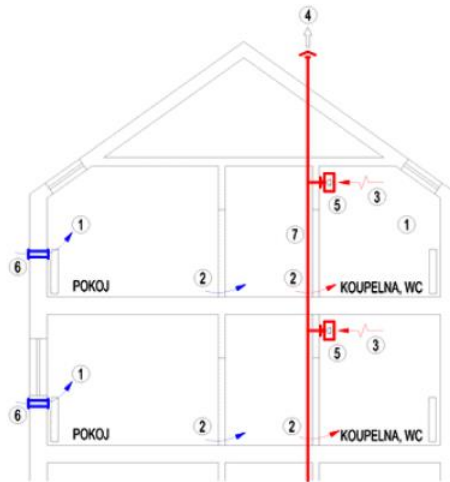
Obr. 5.2.2: Nucené podtlakové větrání centrální [3]²

5.2.3 Podtlakové lokální větrání

I v tomto případě se jedná o systém s přirozeným přívodem vzduchu a nuceným odvodem znečištěného vzduchu do centrálního potrubí a dále pak s výfukem nad střechu objektu. Avšak rozdíl je v tom, že v každém bytě je nainstalován jeden nebo i více lokálních radiálních ventilátorů s vlastním ovládáním, viz obrázek 5.2.3. Ventilátor může být umístěn buď v každé místnosti, odkud je vzduch odsáván (koupelna, WC nebo nárazové větrání kuchyní) nebo může odsávat vzduch ze dvou a více místností jednoho bytu současně, pokud je opatřen více hrdly pro společný odvod vzduchu. Ventilátor v tomto případě můžeme nainstalovat do podhledu nebo do svislé stoupací šachty.

Aby tento systém fungoval spolehlivě, je potřeba každému ventilátoru navrhnout funkční těsnou zpětnou klapku, která by se po určité době provozu měla řádně vyčistit. Vzhledem k nesnadnému přístupu zpětné klapky, k jejímu čištění většinou nedochází, a tak se klapka může stát nefunkční.

Nevýhodou tohoto způsobu větrání je vyšší pořizovací cena oproti centrálnímu systému, nízká účinnost a také hluchost, která se šíří přímo do obytného prostoru. Na druhou stranu má i své přednosti, jako je jeho jednoduchost, malé nároky na prostor a snadná instalace. [2] [3]



Obr. 5.2.3: Nucené podtlakové větrání lokální [3]²

5.2.4 Rovnotlaké centrální větrání

Podstatou tohoto systému je centrální vzduchotechnická jednotka, která zprostředkovává dopravu venkovního a znečištěného vzduchu. Většinou bývá osazena výměníkem pro zpětné získávání tepla. Dále pak automaticky vyrovnává tlakové poměry v přívodních i odváděcích vzduchovodech pomocí ventilátoru s proměnnými otáčkami při zásahu a regulování vzduchu samotnými uživateli.

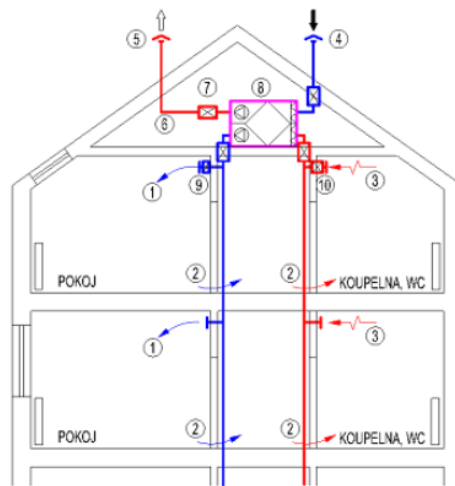
Přívod a současně odvod vzduchu je zajišťován dvěma vzduchovody, kterými je vzduch rozváděn k jednotlivým bytovým jednotkám, odkud je dále veden do požadovaných místností. Pro přivádění vzduchu a rovnoměrné provětrání obytných místností, jsou vzduchovody opatřeny koncovými distribučními prvky s dostatečným dosahem, viz obrázek 5.2.4.

Nevýhodami centrálního systému jsou vyšší pořizovací náklady (oproti lokálnímu), vyšší spotřeba energie pro pohon ventilátorů, potřeba dostatečného prostoru pro umístění vzduchotechnické jednotky, zpravidla buď na střeše budovy nebo v suterénu, a vzduchovodů. Dále pak dochází k šíření hluku do okolí a bytových jednotek, proto je třeba na ventilátory osadit tlumiče hluku. Bez ohledu na používání systému větrání jsou náklady na provoz rozpočítávány mezi všechny bytové jednotky jednotně.

Avšak hlavní výhodou je, že rovnotlaké větrání zajišťuje vyšší kvalitu větrání než větrání podtlakové a možnost využití zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu, čímž je snižována spotřeba tepla na ohřev přiváděného vzduchu. Do místnosti není přiváděn znečištěný a v zimním

² 1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 odpadní vzduch, 5 odvodní ventilátor, 6 přívodní větrací otvor, 7 potrubní síť, 8 tlumič hluku

období chladný vzduch podtlakem z obvodové stěny, což s sebou nese riziko šíření hluku z venkovního prostředí, které není utlumeno přívodními elementy. [3]



Obr. 5.2.4: Nucené rovnotlaké centrální větrání [3]³

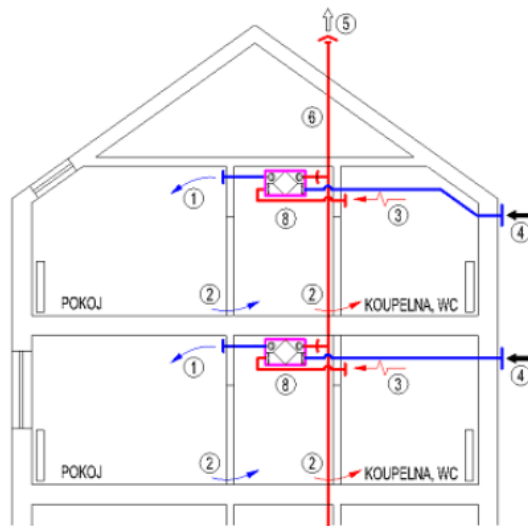
5.2.5 Rovnotlaké lokální větrání

Rozdíl v rovnotlakém lokálním větrání oproti centrálnímu je v tom, že každá samostatná bytová jednotka je osazena vlastní menší vzduchotechnickou jednotkou, která je vybavena filtrací vzduchu, ventilátory a také výměníkem ZZT. Přívod a sání vzduchu je zajištěno buď společným potrubím nebo samostatným potrubím z fasády bytové jednotky, viz obrázek 5.2.5. Znehodnocený vzduch je odváděn společným stoupacím potrubím nad střechu objektu, odkud se volně rozptýlí do okolního prostředí a není tak šance, aby se dostal zpět do objektu například otevřenými okny.

Nevýhodou je poměrně nízká účinnost ventilátorů, vyšší nároky na prostor pro umístění vzduchotechnické jednotky a vzduchodůů, s čímž je spojena i hlučnost větrací jednotky umístěné přímo v obytném prostoru.

Výhody lokálního systému jsou stejné jako u systému centrálního popsané v předchozí kapitole, s tím rozdílem, že spotřeba tepelné energie pro ohřev větracího vzduchu je nižší. A každý uživatel má především absolutní kontrolu nad provozem, údržbou a náklady spojenými s provozem jednotky. [3]

³ 1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 sání venkovního vzduchu, 5 odpadní vzduch, 6 potrubní síť, 7 tlumič hluku, 8 větrací jednotka se ZZT, 9 alternativní dohřev, 10 přeslechový tlumič



Obr. 5.2.5: Nucené rovnotlaké větrání lokální [3]⁴

⁴ 1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 sání venkovního vzduchu, 5 odpadní vzduch, 6 potrubní síť, 7 tlumič hluku, 8 větrací jednotka se ZZT, 9 alternativní dohřev, 10 přeslechový tlumič

6 Specifikace bytového objektu

Pro návrh variant větracích systémů byl použit bytový dům, který se nachází na Praze 4 a podrobněji bude popsán v následujících podkapitolách.

6.1 Údaje o budově

Předmětem studie a následně projektu je bytový dům o pěti nadzemních podlažích a jedním částečně podzemním. Podzemní podlaží je obdélníkového půdorysu, zbylá nadzemní podlaží jsou nesymetrického půdorysu a jsou vykonzolována přes 1PP a podepřena venkovními sloupy. Střecha objektu je řešena jako plochá s klasickým pořadím vrstev. Celkové půdorysné rozměry nosné konstrukce objektu jsou 28 x 17,5 m, nejvyšší bod nosné konstrukce se nachází 22,5 m nad úrovní okolního terénu. Konstruktivní výška nadzemních podlaží je 3 150 mm, konstruktivní výška suterénu 3 500 mm.

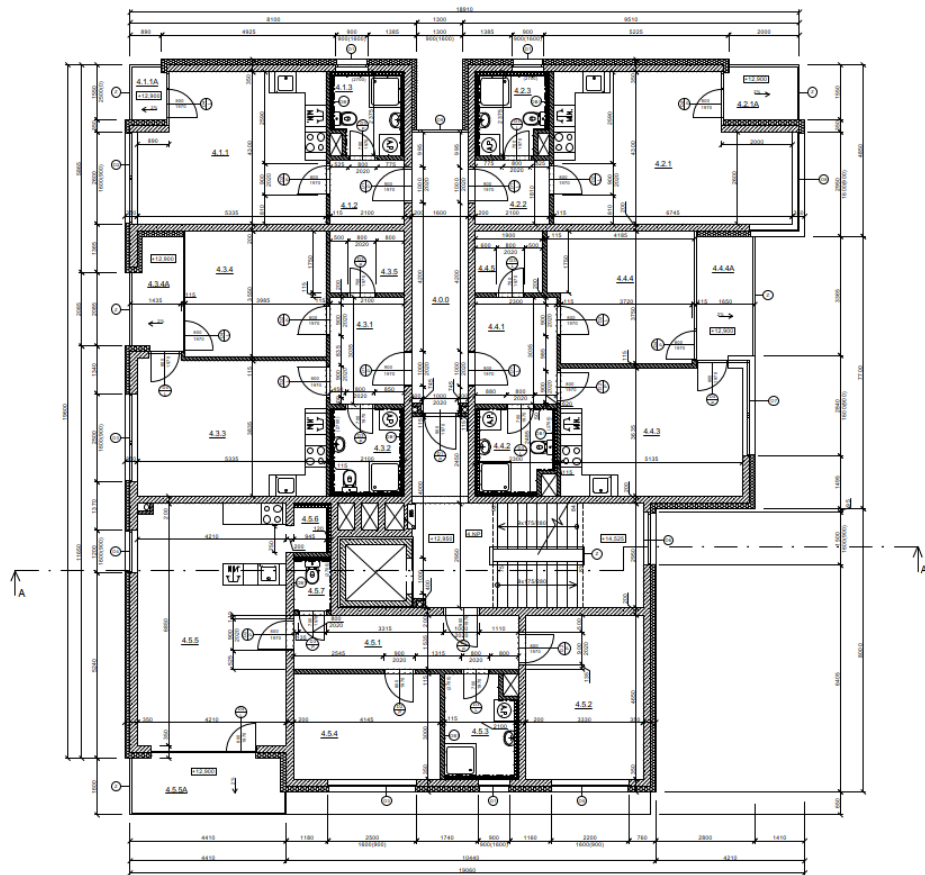
6.2 Technické řešení stavby

Objekt je založen na plošných základech (jedná se o ŽB patky a pasy). Nosný systém budovy je kombinovaný – převážně stěnový doplněný o sloupy v suterénu a ŽB jádro. Stropní konstrukce jsou monolitické železobetonové v suterénu, po obvodě podepřené ŽB monolitickými průvlaky, v nadzemních podlažích ŽB nosnými stěnami. Schodiště je řešeno jako železobetonové deskové dvouramenné s prefabrikovanými rameny. Ztužení objektu je zajištěno železobetonovým jádrem v kombinaci s obvodovými stěnami.

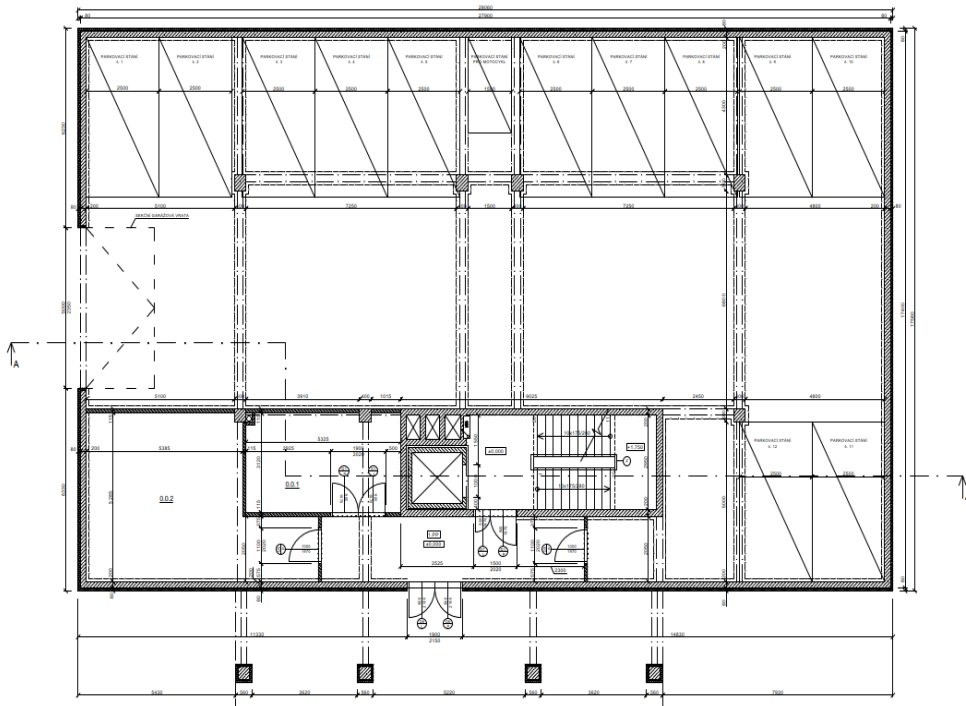
6.3 Dispoziční řešení

V podzemním podlaží jsou situovány garáže, technické zázemí objektu a vstupní část bytového domu. 1. NP – 5. NP je dispozičně řešeno stejně a je určeno pro bydlení. V každém podlaží je umístěno celkem pět bytových jednotek. Bytový dům dohromady disponuje 25 byty o maximální celkové kapacitě 60 osob.

6.4 Výkresová dokumentace



Obr. 6.4.1: Půdorys typického podlaží



Obr. 6.4.2: Půdorys 1PP



Obr. 6.4.3: Pohled na fasádu - vchodové dveře

6.5 Požadavky na větrání objektu

Pro návrh různých variant systémů větrání je pracováno se stejnými okrajovými podmínkami, kvůli možnosti porovnání těchto systémů. Návrh pracuje s doporučeným množstvím přiváděného vzduchu na osobu $25 \text{ m}^3/\text{h}$ a intenzitou větrání $0,5 \text{ h}^{-1}$. Tyto konkrétní hodnoty jsou uvedeny v technické zprávě v příloze č. 1. V navržených rovnotlakých systémech je množství přiváděného vzduchu rovno množství odváděnému. Vzduch je přiváděn do obytných místností a odváděn z hygienických zázemí.

7 Varianty systému větrání konkrétního bytového domu

Díky nové úpravě vyhlášky o energetické náročnosti budov, která platí od 1.1.2022 je potřeba navrhovat takové domy, aby jejich spotřeba primární neobnovitelné energie byla v rozmezí 70 až 75 kWh na metr čtvereční za rok a tím se tak přibližovala nárokům na nízkoenergetické a pasivní domy. Zároveň zvyšuje nároky na využívání obnovitelných zdrojů energie a klade důraz na úspory energie za vytápění a chlazení objektů. [13] Proto v důsledku těchto požadavků navrhuji koncepční řešení větrání bytového domu s využitím rekuperace.

7.1 Rovnotlaké centrální větrání – jednotka pro celý objekt

7.1.1 Popis

Pro tuto variantu byla navržena vzduchotechnická jednotka DUPLEX 2500 MultiEco-N s protiproudým rekuperačním výměníkem od firmy ATREA. Jednotka je umístěna na střeše objektu a zprostředkovává tak výměnu vzduchu 2500 m³/h pro celý objekt. Vzduch je od VZT jednotky přiváděn VZT potrubím, které je vedeno po střeše přes vnitřní šachtu až do jednotlivých pater a bytů v podhledu. V každém bytě je nainstalován SMART box, který na základě specifických požadavků uživatele reguluje průtok vzduchu na přívodu a odtahu, nebo lze k boxu připojit sensory, které upravují průtok zcela automaticky. Jednotlivé SMART boxy jsou se VZT jednotkou spojeny pomocí komunikační sítě a jsou připojeny do sítě internetu. Od SMART boxů je bytový rozvod veden v podhledu až do koncových prvků.

7.1.2 Výhody a nevýhody

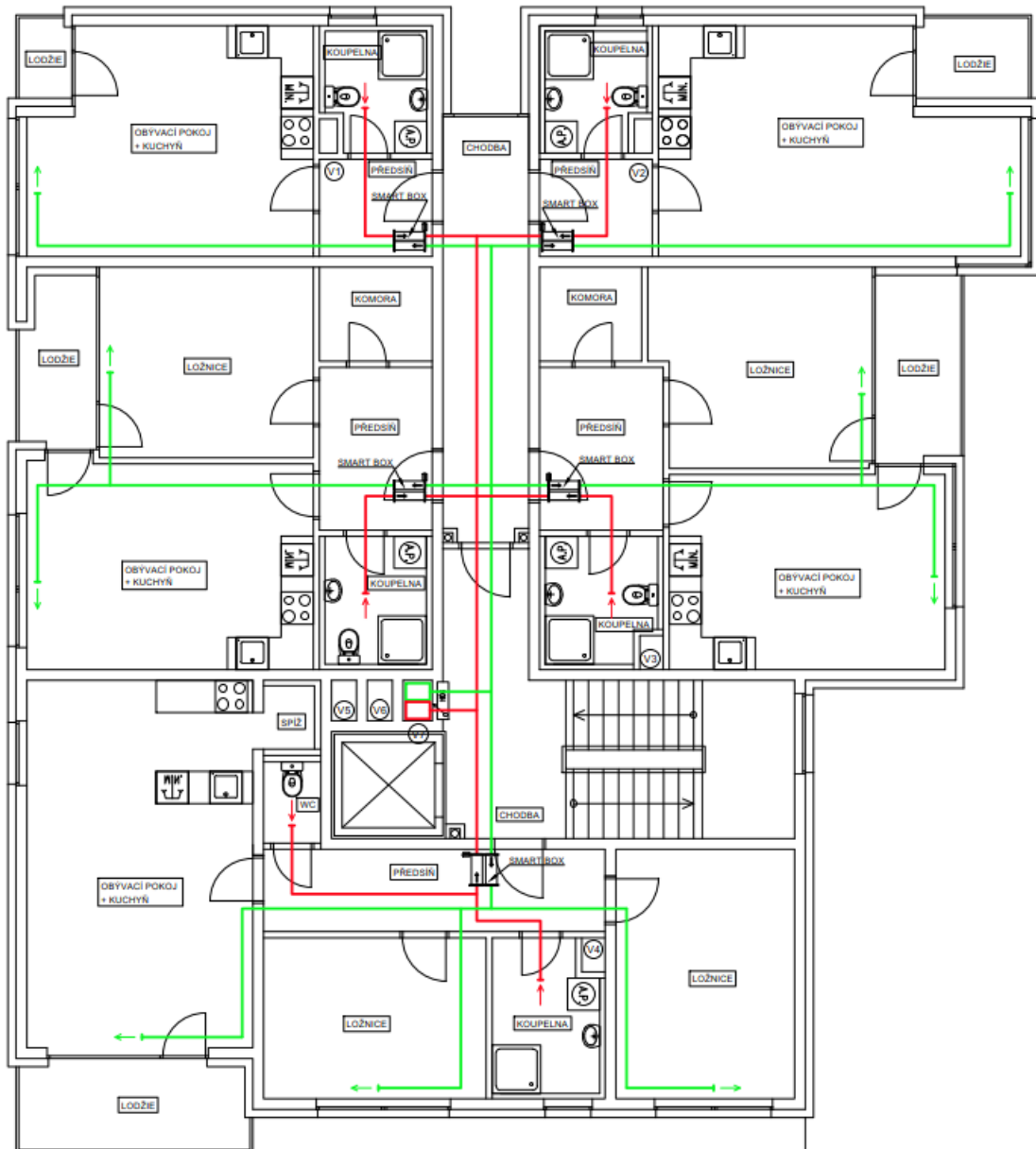
Výhody:

- Hlavní zdroj hluku mimo bytové jednotky
- Minimální požadavky na prostor v bytové jednotce
- Servis VZT jednotky bez přítomnosti vlastníků bytových jednotek
- Investiční náklady (čím více bytových jednotek, tím nižší cena)
- Nižší náklady na provoz (výměna filtrů)
- Individuální ovládání pomocí regulačního boxu
- Ovládání přes internetové rozhraní

Nevýhody:

- Náklady jsou paušálně rozděleny mezi všechny
- Při poruše soustavy je z provozu vyřazen celý objekt

7.1.3 Schéma



Obr. 7.1.1: Schéma rovnotlakého centrálního větrání – jednotka pro celý objekt

7.2 Rovnotlaké centrální větrání – jednotka na patře

7.2.1 Popis

Pro tuto variantu bylo navrženo celkem pět vzduchotechnických jednotek DUPLEX 500 MultiEco s protiproudým rekuperačním výměníkem od firmy ATREA. Každá z jednotek je umístěna na jednom patře a obstarává tak výměnu vzduchu 500 m³/h pro dané podlaží. Přívodní i odpadní vzduch je do VZT jednotky zprostředkováván skrz vnitřní šachtu, která vede na střechu objektu. Vzduch je od VZT jednotky přiváděn VZT potrubím, které je vedeno v podhledu do každého bytu. V každém bytě je nainstalován SMART box, který na základě specifických požadavků uživatele reguluje průtok vzduchu na přívodu a odtahu, nebo lze k boxu připojit sensory, které upravují průtok zcela automaticky. Jednotlivé SMART boxy jsou se VZT jednotkou spojeny pomocí komunikační sítě a jsou připojeny do sítě internetu. Od SMART boxů je bytový rozvod veden v podhledu až do koncových prvků.

7.2.2 Výhody a nevýhody

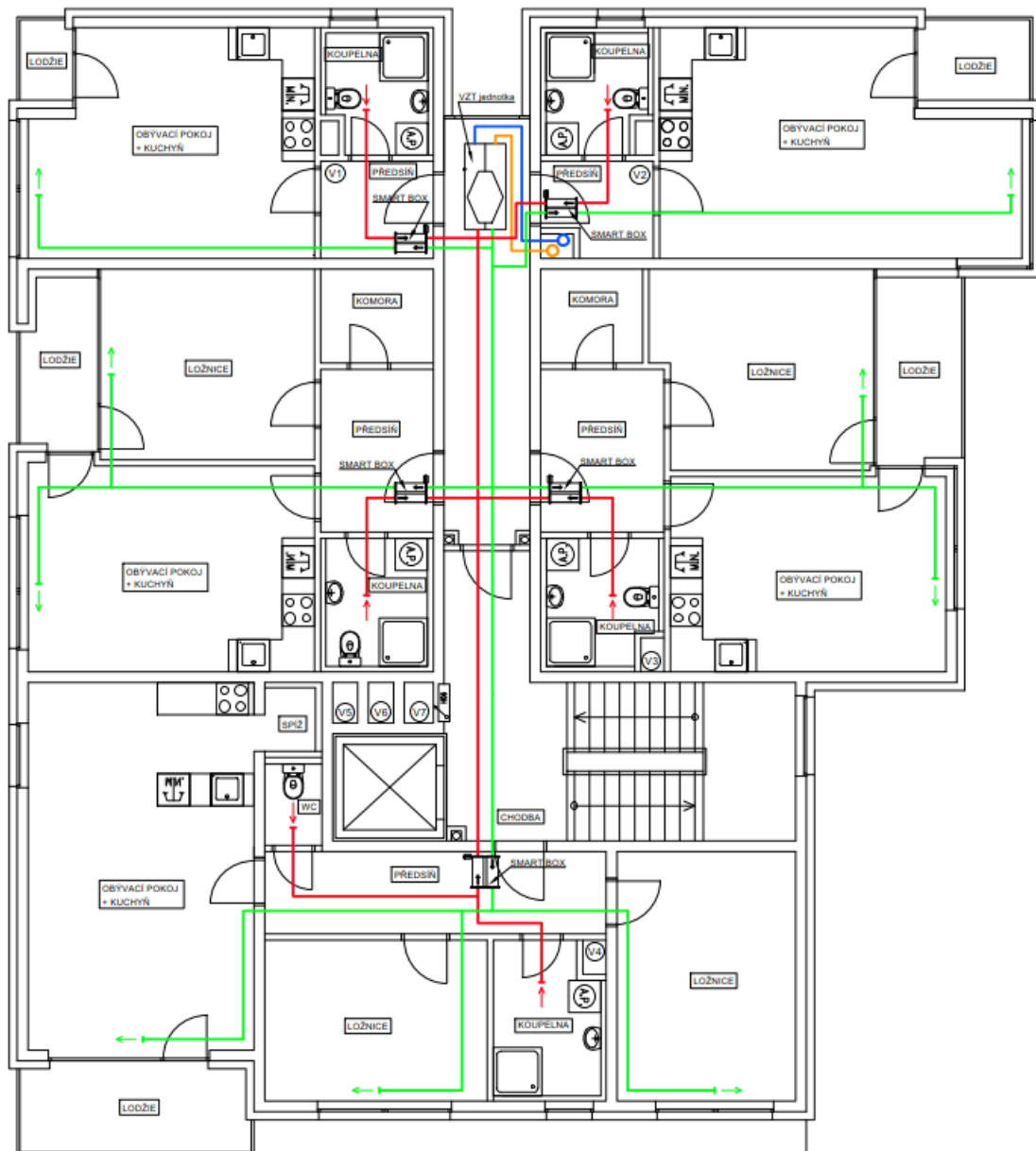
Výhody:

- Servis VZT jednotky bez přítomnosti vlastníků bytových jednotek
- Individuální ovládání pomocí regulačního boxu
- Ovládání přes internetové rozhraní

Nevýhody:

- VZT jednotka jako zdroj hluku uvnitř objektu v blízkosti bytových jednotek
- Zvýšené požadavky na prostor a umístění patrové VZT jednotky
- Investiční náklady
- Náklady jsou paušálně rozděleny mezi všechny na patře
- Při poruše soustavy je z provozu vyřazeno celé podlaží

7.2.3 Schéma



Obr. 7.2.1: Schéma rovnotlakého centrálního větrání - jednotka na patře

7.3 Rovnotlaké decentrální větrání – jednotka pro každý byt

7.3.1 Popis

Pro tuto variantu větrání byly navrženy pro každý byt samostatné větrací jednotky v závislosti na množství větracího vzduchu. Pro byt č. 1, 2, 3 a 4 byla navržena jednotka DUPLEX 170 EC5 a pro byt č. 5 jednotka DUPLEX 370 EC5. Jednotky zajišťují řízené rovnotlaké větrání s rekuperací, jejich podstropní provedení je nainstalováno v každém bytě v předsíni. Přívod čerstvého a odvod znehodnoceného vzduchu je zajištěn stoupacím potrubím, které vede až na střechu objektu. Pro toto stoupací potrubí byly dodatečně vyprojektovány stoupací šachty. Bytové rozvody od větracích jednotek jsou vedeny v podhledu až do koncových prvků.

7.3.2 Výhody a nevýhody

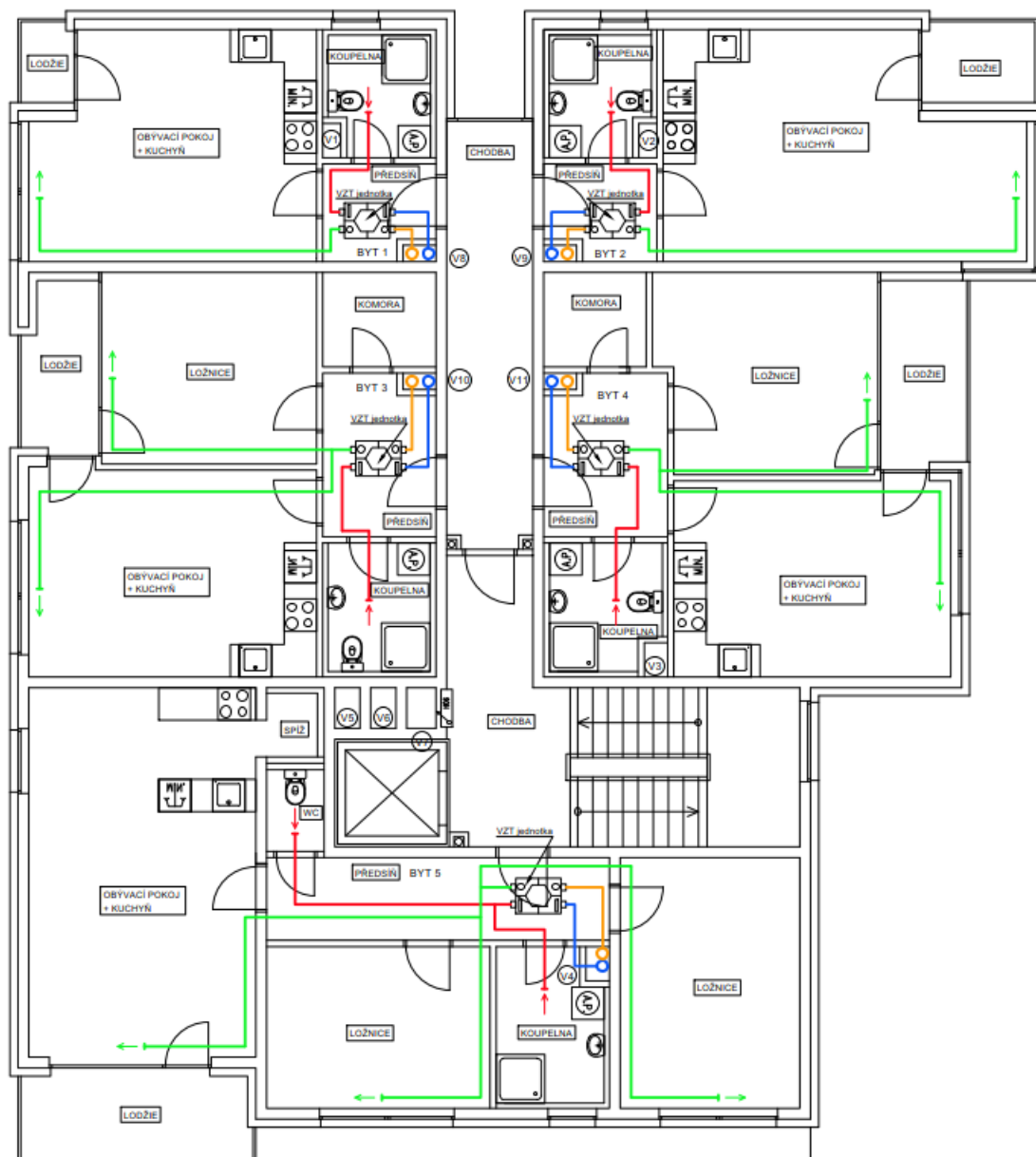
Výhody:

- Individuální přístup k systému (např. volba filtrace vzduchu)
- Individuální přístup k ovládání
- Možnost připojení pouze konkrétních bytů, které mají o větrání zájem
- Provozní náklady pouze za „svou“ jednotku – přehled uživatele
- Porucha systému ovlivní pouze jeden byt, nikoli celý objekt jako je tomu u centrálního řešení

Nevýhody:

- Při větším počtu bytů vyšší investiční náklady
- Požadavky na prostor a umístění jednotky v bytě
- Řešení hluku VZT jednotky v bytě
- Servis VZT jednotky za přítomnosti vlastníků bytových jednotek


7.3.3 Schéma



Obr. 7.3.1: Schéma rovnotlakého decentrálního větrání – jednotka pro každý byt

8 Porovnání navržených systémů

V následující tabulce jsou porovnány vzduchotechnické jednotky pro různé koncepční systémy navržené v předchozí kapitole.

VZT jednotky				
	Duplex 2500 MultiEco-N	DUPLEX 500 MultiEco	DUPLEX 170 EC5	DUPLEX 370 EC5
Průtok vzduchu [m ³ /h]	2500	500	50/100	200
Hladina akustického tlaku [dB]	40 (ve vzd. 3m)	38 (ve vzd. 3m)	37	38
Elektrický příkon [W]	2500	300	-	-
Účinnost rekuperace [%]	88	84	86/85	86
Umístění	nástěšní provedení	podstropní provedení	podstropní provedení	podstropní provedení
Rozměry VZT jednotky [mm]	2560x1605x685	1652x765x384	840x655x290	1116x930x290
Cena VZT jednotky [Kč]	270 000	93 000	66 000	71 000
Cena Smart BOXu [Kč]	13 500	13 500	-	-
Cena systému/byt [Kč]	24 300	32 100	66 000	71 000

Obr. 7.3.1: Srovnání VZT jednotek

8.1 Vyhodnocení

Z hlediska pořizovacích nákladů a účinnosti rekuperace je nejvýhodnější nainstalovat jednotku DUPLEX 2500 MultiEco-N nebo o něco dražší jednotku DUPLEX 500 MultiEco na každé patro, která má už ovšem účinnost rekuperace nižší. Vzhledem k velikosti objektu, který má celkem 25 menších bytů, se nevyplatí navrhovat decentrální systém s jednotkami DUPLEX 170 a 370 EC5 do každého bytu.

Na druhou stranu hladina akustického tlaku je nižší u jednotek DUPLEX 500 MultiEco a DUPLEX 170/370 EC5, avšak tyto jednotky budou umístěny v přímé blízkosti bytu a budou tak svou hlučností pro obyvatele jednotlivých bytů znatelnější než při použití nástřešní jednotky, kdy se její vyšší hlučnost bude šířit především do venkovního prostředí.

Jako konečný návrh pro projekt vzduchotechniky pro tento objekt volím centrální systém s jednotkou DUPLEX 2500 MultiEco-N. Jednotka je nejvýhodnější z hlediska ceny, má nejvyšší účinnost rekuperace 88 % a vzhledem k použití SMART boxů nabízí i možnost individuální regulace vzduchu uživatelem.

9 Závěr

Cílem této práce bylo studium požadavků na větrání určitých místností bytového domu, vnitřního prostředí a systémů vzduchotechniky, dále pak návrh a výběr vhodného řešení soustavy větrání.

Na základě poznatků nabytých ze studie a s ohledem na doporučené množství přiváděného vzduchu na osobu $25 \text{ m}^3/\text{h}$ a intenzitou větrání $0,5 \text{ h}^{-1}$ byly stanoveny požadavky na větrání konkrétního bytového objektu. Vzhledem k zpřísnování normových požadavků a vyšší energetické náročnosti budov se opouští od návrhů přirozeného větrání a přechází se na větrání nucené.

Z tohoto důvodu byly navrženy celkem tři nucené rovnotlaké systémy větrání s využitím rekuperace tepla, které se především liší množstvím, typem a umístěním VZT jednotek – jedna jednotka na střeše objektu, jednotka na každém patře nebo samostatná jednotka v každém bytě. Tyto možnosti byly porovnány mnoha parametry.

Pro projekt byla vybrána nejlevnější a nejefektivnější varianta, a to rovnotlaké centrální větrání pomocí VZT jednotky umístěné na střeše objektu.

Na základě této koncepce byl rozpracován projekt vzduchotechniky pro stavební povolení.

10 Seznam literatury a podkladů

- [1] CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. Větrání a klimatizace. Vydání třetí, zcela přepracované. Praha: BOLIT - B press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [2] DUFKA, Jaroslav. Větrání a klimatizace domů a bytů. Praha: Grada Publishing, 2002. ISBN 80-247-0222-3.
- [3] ZMRHAL, Vladimír. Větrání rodinných a bytových domů. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-4573-2.
- [4] CIFRINEC, Ivan. Větrání bytových domů: základy teorie větrání. TZB-info [online]. Praha, 26.5.2010 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani>
- [5] Vnitřní prostředí. TZB-info [online]. [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi>
- [6] PAPEŽ, Karel a Hana DOLEŽÍLKOVÁ. Problematika bytového větrání. TZB-info [online]. Praha, 2008, 28.1.2008 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/4613-problematika-bytoveho-vetrani>
- [7] ZMRHAL, Vladimír. Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1. TZB-info [online]. Praha, 2012, 30.1.2012 [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [8] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- [9] ČSN EN 16798-1. Energetická náročnost budov – Větrání budov – Část 1: Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky – Modul M1-6. ČAS, 2020.
- [10] DOLEŽÍLKOVÁ, Hana. Bytové větrání ve vztahu k produkci CO₂, vlhkosti a škodlivin (II): Stanovení množství větracího vzduchu. TZB-info [online]. Praha, 6.2.2006 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3042-bytove-vetrani-ve-vztahu-k-produkci-co2-vlhkosti-a-skodlivin-ii>
- [11] ZMRHAL, Vladimír a Jiří PETLACH. Systémy větrání obytných budov. TZB-info [online]. Praha, 2011, 17.10.2011 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>

[12] ČSN 73 6058. Jednotlivé, řadové a hromadné garáže. Praha: ÚNMZ, 2011.

[13] Další revoluce ve stavebnictví se blíží. Od ledna musí být novostavby výrazně energeticky úspornější. BusinessINFO.cz [online]. 30.11.2021 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/clanky/dalsi-revoluce-ve-stavebnictvi-se-blizi-od-ledna-musi-byt-novostavby-vyrazne-energeticky-uspornejsi/>

11 Seznam obrázků a tabulek

Obrázky:

<u>Obr. 5.1.1: Infiltrace spárami oken [2, str. 23]</u>	19
<u>Obr. 5.1.2: Schéma šachtového větrání [4]</u>	20
<u>Obr. 5.1.3: Schéma aerace [4]</u>	20
<u>Obr. 5.2.1: Hybridní větrání pomocí samoodtahové hlavice [3]</u>	22
<u>Obr. 5.2.2: Nucené podtlakové větrání centrální [3]²</u>	23
<u>Obr. 5.2.3: Nucené podtlakové větrání lokální [3]</u>	24
<u>Obr. 5.2.4: Nucené rovnotlaké centrální větrání [3]</u>	25
<u>Obr. 5.2.5: Nucené rovnotlaké větrání lokální [3]</u>	26
<u>Obr. 6.4.1: Půdorys typického podlaží</u>	28
<u>Obr. 6.4.2: Půdorys 1PP</u>	28
<u>Obr. 6.4.3: Pohled na fasádu - vchodové dveře</u>	29
<u>Obr. 7.1.1: Schéma rovnotlakého centrálního větrání – jednotka pro celý objekt</u>	31
<u>Obr. 7.2.1: Schéma rovnotlakého centrálního větrání - jednotka na patře</u>	33
<u>Obr. 7.3.1: Schéma rovnotlakého decentrálního větrání – jednotka pro každý byt</u>	35
<u>Obr. 7.3.1: Srovnání VZT jednotek</u>	36

Tabulky:

<u>Tabulka 2.2.1: Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 [7]</u>	10
<u>Tabulka 2.3.1: Kritéria na základě předdefinovaných průtoků přiváděného větracího vzduchu [9]</u>	11
<u>Tabulka 2.3.2: Návrhové koncentrace CO₂ v obytných místnostech a ložnicích [9]</u>	11
<u>Tabulka 2.3.3: Návrhové průtoky vzduchu podle typu místností a budovy [9]</u>	12
<u>Tabulka 2.3.4: Kategorie pro předdefinované průtoky odváděného vzduchu [9]</u>	12
<u>Tabulka 3.3.1: Doporučené hodnoty intenzity výměny a množství vzduchu [10]</u>	14